

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2005年3月3日 (03.03.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/019851 A1

- (51) 国際特許分類⁷: G01R 33/02
(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/011849
(22) 国際出願日: 2004年8月18日 (18.08.2004)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願2003-208682 2003年8月25日 (25.08.2003) JP
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 愛知製鋼株式会社 (AICHI STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒4768666 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 Aichi (JP).
(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 本蔵義信 (HONKURA, Yoshinobu) [JP/JP]; 〒4768666 愛知県東

海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製鋼株式会社内 Aichi (JP). 山本道治 (YAMAMOTO, Michiharu) [JP/JP]; 〒4768666 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製鋼株式会社内 Aichi (JP). 幸谷吉晃 (KOUTANI, Yoshiaki) [JP/JP]; 〒4768666 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製鋼株式会社内 Aichi (JP). 鷺見和正 (SUMI, Kazumasa) [JP/JP]; 〒4768666 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製鋼株式会社内 Aichi (JP). 森正樹 (MORI, Masaki) [JP/JP]; 〒4768666 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製鋼株式会社内 Aichi (JP).

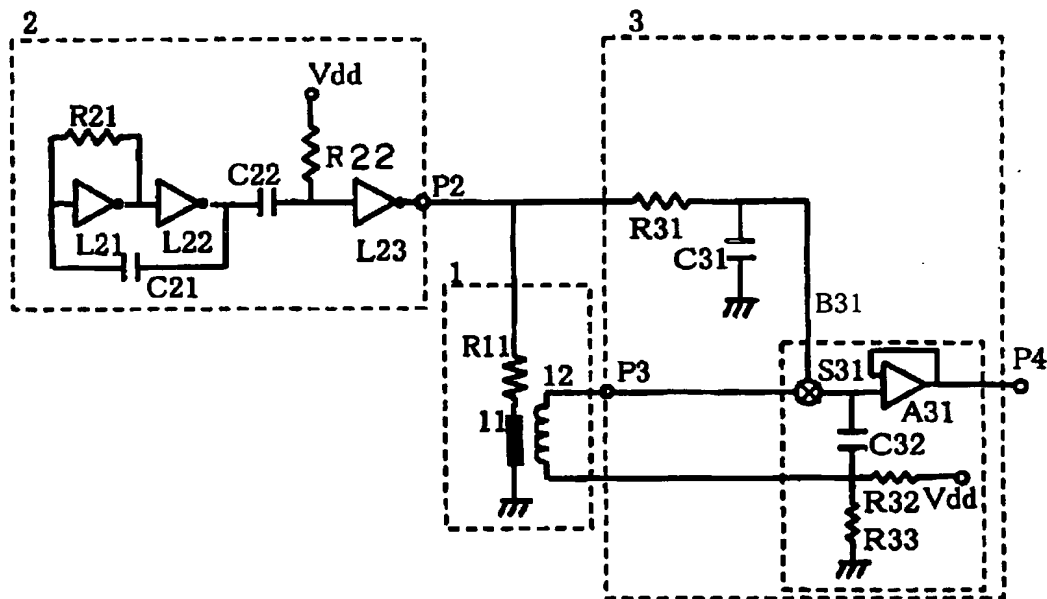
(74) 代理人: 高橋祥泰, 外 (TAKAHASHI, Yoshiyasu et al.); 〒4500002 愛知県名古屋市中村区名駅3丁目2番19号 名駅永田ビル Aichi (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,

[続葉有]

(54) Title: MAGNETIC SENSOR

(54) 発明の名称: 磁気センサ



(57) Abstract: A magnetic sensor includes: a magneto-sensing body (11) formed by an amorphous wire conducting a pulse current; a detection coil (12) wound around the magneto-sensing body (11); and a sample hold circuit for detecting voltage induced in the detection coil (12) when the pulse current is cut off. The sample hold circuit has: a sample hold section (B31) consisting of an electronic switch (S31), a capacitor (C32), a resistor (R32), a resistor (R33), and a high-input resistance amplifier (A31); and a delay circuit having a resistor (R31) and a capacitor (C31) connected to the control terminal of the electronic switch (S31).

[続葉有]



LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: パルス電流を通電するアモルファスワイヤからなる感磁体11と感磁体11の周囲に巻回した検出コイル12とパルス電流の遮断時に検出コイル12に誘起する電圧を検出するサンプルホールド回路とからなり、サンプルホールド回路は、電子スイッチS31、コンデンサC32、抵抗R32、抵抗R33及び高入力抵抗増幅器31からなるサンプルホールド部B31と、電子スイッチ31の制御端子に接続された抵抗R31及びコンデンサC31による遅延回路とを有している。

明 細 書

磁気センサ

技術分野

[0001] 本発明は微小磁界を計測するための高精度な磁気センサに関するものである。

背景技術

[0002] 従来の磁気インピーダンス素子による磁気センサとしては、例えば、アモルファスワイヤの外周にコイルを巻回したものがある。このような磁気センサでは、例えば、アモルファスワイヤに立ち上がり時間5nsのパルス電流を通電したときにコイルに誘起する振動波形の第1パルスを抽出することにより、外部磁界 H_{ex} に比例して高感度に変化する電圧を得ようとしている(例えば、特許文献1参照。)

また、特許文献1は、アモルファスワイヤに帰還コイルを巻回するとともに帰還回路を設け、その帰還コイルにセンサ出力電圧に比例した負帰還電流を常時流して負帰還を行なうことにより、直線性のよいヒステリシスのない高精度の磁界センサ特性を得ることができる旨を開示している。

[0003] 特許文献1:特開2000-258517号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、前記従来の磁気センサでは、次のような問題があった。すなわち、前記従来の磁気センサでは、精度を向上するには、例えば、前記のような帰還回路等が必要となり回路構成が複雑となって大型化するおそれがある。また、例えば、前記のような帰還回路を省略すると、十分な精度が得られないおそれがあるという問題がある。

特に、例えば、携帯電話や携帯端末機器などに組み込む方位計測用の磁気センサとしては、シンプルな回路構成により高精度な方位計測が可能であることが強く求められており、前記従来の磁気センサでは、その要求に十分に対応できないおそれがあった。

課題を解決するための手段

[0005] 本発明は、外部磁界の作用により電磁気特性が変化する感磁体と、該感磁体に通電電流を供給する駆動回路と、前記感磁体の周囲に巻回した検出コイルと、前記検出コイルに誘起する電圧の大きさである誘起電圧値を計測するサンプルホールド回路とを有してなり、

該サンプルホールド回路は、前記駆動回路による前記通電電流の遮断に同期して前記誘起電圧値を計測するように構成してあることを特徴とする磁気センサにある。

[0006] ここで、感磁体であるアモルファスワイヤに瞬間的に電流を流すとアモルファスワイヤに巻回した検出コイルに、アモルファスワイヤに作用する外部磁場の大きさに対応する電圧が誘起されることが知られている。

[0007] 例えば、図13A及び図13Bは、アモルファスワイヤの周囲に検出コイルを巻回した磁気検出部について、作用する外部磁界が+2ガウスのときの動作例を示すものである。

図13Aはアモルファスワイヤを駆動する電流波形の一例で、35ns(ナノ秒)の通電時間を所定の周期で繰り返す。図13Bは検出コイルに誘起する電圧を示す。例えば、図13Aのパルス電流が立ち上がるときには図13Bに示す正の減衰振動電圧Q1が検出コイルに現れ、パルス電流が立ち下がるときには逆に負の減衰振動電圧Q2が現れる。この減衰振動電圧の大きさ及び正負の極性は、外部磁界の大きさおよび外部磁界の方向と、アモルファスワイヤの軸方向とがなす角との関係によりベクトル的に決まる。従って、この減衰振動電圧から外部磁界の大きさを測定することができる。

[0008] しかし、検出コイルを巻回したアモルファスワイヤに作用する磁界を±3G(ガウス)の範囲で変化した際、パルス電流の立ち上がり時に検出コイルに誘起される減衰振動電圧の最大値であるp1の電圧は、図14に示すごとく変化する。同図から知られるように、約8%の非直線性と約6%のヒステリシスの誤差を生じている。それ故、パルス電流の立ち上がり時に前記電圧p1を計測する外部磁界の計測方法は、高精度が要求される方位計測には不都合である。

[0009] そこで、本発明者らは、アモルファスワイヤをパルス電流で駆動したときに、前記検出コイルに誘起する電圧と外部磁界の大きさとの関係(図13A及び図13B参照。)について鋭意研究し、得られた知見から次の発明に至った。

[0010] 本発明は、パルス電流を通電するアモルファスワイヤからなる感磁体と該感磁体の周囲に巻回した検出コイルと前記パルス電流の遮断に同期して前記コイルに誘起する電圧を検出するサンプルホールド回路からなることを特徴とする。図13Bにおいて前記アモルファスワイヤに通電するパルス電流を遮断による立ち下がり時の電流変化によって検出コイルに誘起される減衰振動電圧Q2をサンプルホールド回路により検出する。これにより、非直線性及びヒステリシスの特性が改善され、精度が良好となる。

[0011] 本発明の磁気センサでは、例えば、前記のような帰還回路を省略しても十分な精度を確保することができる。それ故、この磁気センサでは、回路構成をシンプルにでき、小型化、薄型化等が可能である。さらに、常時通電が必要な前記帰還回路を省略すれば、電力消費を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]実施例1における、磁気センサの回路図である。

[図2]実施例1における、外部磁界対検出コイルの最大電圧値の特性図である。

[図3]実施例2における、磁気センサの回路図である。

[図4A]実施例2における、パルス電流を流す時間対アモルファスワイヤの電流の特性図である。

[図4B]実施例2における、パルス電流を流す時間対検出コイルの電圧の特性図である。

[図5]実施例2における、外部磁界対検出コイルの最大電圧値の特性図である。

[図6A]実施例3における、パルス電流の時間変化を示すグラフである

[図6B]実施例3における、パルス電流に対する検出コイルの電圧変化を示すグラフである。

[図7]実施例4における、磁気センサの回路図である。

[図8]実施例4における、パルス電流の変化を示すグラフである。

[図9]実施例5における、磁気インピーダンス素子の正面図である。

[図10]実施例5における、磁気インピーダンス素子を示す図のA-A'線に沿う断面概念図である。

[図11]実施例5における、溝内の螺旋状の検出コイルの配設形態を示す斜視図である。

[図12]実施例5における、外部磁界(G)に対する検出コイルの最大電圧値(V)の関係を示す特性図である。

[図13A]アモルファスワイヤの通電電流の時間変化を示すグラフである。

[図13B]磁気検出部に作用する外部磁界が+2G(ガウス)のとき、検出コイルの電圧の時間変化を示すグラフである。

[図14]外部磁界(G)に対して、パルス電流の立ち上がりに同期して計測した検出コイルの最大電圧値(V)の関係を示す特性図である。

[図15]従来技術の磁気インピーダンス素子の一例を示す図である。

符号の説明

- [0013] 10 電極配線基板
- 11 アモルファスワイヤ
- 12、30 検出コイル
- 2 パルス発生器
- 20 感磁体
- 31、32 コイル部
- 40 絶縁物(樹脂)
- 90 溝

発明を実施するための最良の形態

- [0014] 本発明においては、前記サンプルホールド回路は、前記通電電流の遮断による前記誘起電圧値の時間的変化である減衰振動波形において、時間的に最初のピーク値を計測するように構成してあることが好ましい。

前記サンプルホールド回路を用いて、前記誘起電圧の最初のピーク値を検出する場合には、図13Bに示すごとく、前記の減衰振動電圧Q2のピーク値p2を検出でき、前記磁気センサの高感度化が可能となる。

- [0015] また、前記サンプルホールド回路は、前記駆動回路による前記通電電流の遮断に対する所定のタイミングを記憶する時間記憶手段を有し、前記通電電流の遮断に対

して前記所定のタイミングで同期して前記誘起電圧値を計測するように構成してあり

、

前記所定のタイミングは、略ゼロの磁界強度の外部磁界中に保持した前記感磁体への前記通電電流を遮断する際、減衰振動する前記誘起電圧値が時間的に最初にゼロクロスするタイミングであることが好ましい。

[0016] ここで、前記ゼロクロスするとは、減衰振動する前記誘起電圧値が正值(負値)から負値(正值)へ正負反転することをいう。

作用する外部磁界が略ゼロであっても、前記感磁体への前記通電電流を遮断する際には、前記検出コイルに電圧が誘起される。この誘起電圧は、前記検出コイルと前記感磁体との間の電磁誘導等によるものであり、外部磁界とは無関係に発生する。

そして、減衰振動する前記誘起電圧値がゼロクロスするタイミングとは、外部磁界とは無関係に検出コイルに発生する誘起電圧値がゼロとなるタイミングである。

[0017] 前記磁気センサでは、減衰振動する前記誘起電圧値が時間的に最初にゼロクロスするタイミングを前記所定のタイミングとして記憶しておき、この所定のタイミングで同期して前記サンプルホールド回路を動作させて外部磁界の計測を行う。そのため、前記検出コイルと前記感磁体との間の電磁誘導等により、外部磁界とは無関係に発生する電圧成分が、誤差成分として混入するおそれが少ない。それ故、前記磁気センサによれば、外部磁界の作用により発生する前記誘起電圧値を高精度に計測することができる。

[0018] なお、前記時間記憶手段としては、例えば、コイル、抵抗、コンデンサを適宜、選択的に組み合わせた遅延回路として構成することができる。あるいは、マイコンのタイマー機能等を利用して前記時間記憶手段を構成することもできる。

[0019] また、前記駆動回路は、前記磁気センサで検出する最小磁界強度の外部磁界が前記感磁体に作用したときに前記サンプルホールド回路が計測する前記誘起電圧値である最小電圧値を記憶する電圧記憶手段を有し、かつ、前記誘起電圧値が前記最小電圧値の5%以下の電圧範囲に収束した状態で前記通電電流を遮断するように構成してあることが好ましい。

[0020] 前記誘起電圧値が前記の電圧範囲に収束した状態で、前記通電電流を遮断すれ

ば、その後、前記サンプルホールド回路を用いて前記誘起電圧値を精度良く計測することができる。

なお、前記誘起電圧値が収束している状態とは、前記通電電流の立ち上がりにより前記検出コイルに誘起される減衰振動電圧が前記電圧範囲内に収まっている状態をいう。

[0021] さらになお、前記電圧記憶手段としては、例えば、ダイオードとCR回路とを組み合わせた包絡線検波回路に前記誘起電圧値を入力し、この包絡線検波回路の出力電圧値としきい値とを比較することにより収束を調べるように構成することができる。あるいは、前記誘起電圧値のピーク値をサンプルホールドする第2のサンプルホールド回路を追加して、この第2のサンプルホールド回路が計測した電圧としきい値との比較を行うことにより収束を調べるように構成することもできる。

[0022] また、前記駆動回路は、前記通電電流としてパルス状の電流変化を前記感磁体に作用するように構成してあると共に、前記通電電流の大きさを所定電流値に高めるまでに要する立ち上がり時間が、該所定電流値の前記通電電流を遮断する遮断時間の3倍以上30倍以内となるように構成してあることが好ましい。

この場合には、前記遮断時間の3倍以上の前記立ち上がり時間を設定することで、前記通電電流の遮断による前記誘起電圧値に比べて前記通電電流の立ち上がりによる誘起電圧値を抑制することができる。そして、立ち上がり時の誘起電圧値を抑制すれば、計測する誘起電圧値に対する相対的な影響を抑制でき、前記磁気センサによる計測精度を高めることができる。

[0023] なお、ここで、立ち上がり時間とは、通電電流が所定電流値の10%から90%に立ち上がるのに要する時間をいい、遮断時間とは、通電電流が前記所定電流値の90%から10%に立ち下がるのに要する時間をいう。なおここで、前記所定電流値とは、遮断する際の前記通電電流の大きさをいう。

[0024] また、前記駆動回路は、前記通電電流の供給源である電気エネルギーを蓄えるコンデンサと、該コンデンサと前記感磁体との間の電氣的な経路に配置した電子スイッチとを含み、かつ、

前記コンデンサから前記感磁体に向けて供給する前記通電電流を、前記電子スイ

ッチを用いて遮断するように構成してあることが好ましい。

この場合には、コンデンサと電子スイッチとからなる駆動回路を用いることにより、前記の感磁体のパルス電流を遮断するときの電流変化率を大きくでき、前記磁気センサの検出感度を一層、高めることが可能となる。

[0025] また、該磁気センサは、一方向に延在する溝を形成した電極配線基板を有し、該溝が、電氣的な絶縁性を備えた絶縁体を充填されるように構成されており、

前記感磁体は、前記溝の溝方向に沿って前記絶縁体を貫通するように配置したアモルファスワイヤであり、

前記検出コイルは、前記溝の内周面である溝面に配設した一方のコイル部と、前記溝の上面に当たる前記絶縁体の外表面である溝上面に配設した他方のコイル部とを組み合わせ、螺旋状の電氣的な経路を形成したものであることが好ましい。

[0026] この場合には、前記溝の内周面に形成した一方のコイル部及び、溝の上面に形成した他方のコイル部を組み合わせ、前記検出コイルと、前記溝内の絶縁体を貫通する前記アモルファスワイヤとを組み合わせ、構成することで、前記磁気センサの小型化が可能になる。

例えば、小型電子機器である携帯電話や携帯端末機器では、方位計測用の磁気センサの小型化、薄型化が強く求められている。これに対し、前記磁気センサによれば、小型化、薄型化等のサイズの要求仕様に十分、対応することができる。

[0027] また、前記感磁体は、直径 $1\mu\text{m}$ 以上 $30\mu\text{m}$ 以下のアモルファスワイヤであり、前記検出コイルは、捲線内径 $200\mu\text{m}$ 以下のものであることが好ましい。

この場合には、前記検出コイルの捲線内径が $200\mu\text{m}$ 以下とすることにより、アモルファスワイヤ表皮と検出コイルとの間隙を小さくすることができる。そして、この間隙を小さくすれば、アモルファスワイヤよりなる感磁体の表皮効果励磁を効率良く利用できる。そのため、前記検出コイルの前記誘起電圧値を大きく確保でき、前記磁気センサの高感度化が可能となる。

実施例

[0028] (実施例1)

本発明の実施例1を図1、図2、図13A及び図13Bを用いて説明する。

図1は、本例の磁気センサの回路図である。図1において、磁気検出部1は、感磁体としての長さ2.5mm、直径30 μ mのCoFeSiB系合金の零磁歪アモルファスワイヤ11と、該アモルファスワイヤ11の周囲に40回巻回した検出コイル12と、電流制御用抵抗R11とからなる。アモルファスワイヤ11は、パルス通電を行なうべく前記抵抗R11を介してパルス発生器2の出力端子P2に接続されている。

[0029] 他方、検出コイル12は、パルス電流が遮断されたときに外部磁界に対応して発生する誘起電圧に基づく電圧を出力するべくサンプルホールド回路3の電子スイッチの入力端子P3に接続されている。

[0030] パルス発生器2は、CMOSインバータ素子L21及びL22、抵抗R21並びにコンデンサC21からなるマルチバイブレータと、コンデンサC22及び抵抗R22からなる微分回路を含むCMOSインバータ素子L23からなる波形成型回路とからなる。

[0031] この波形成型回路には、前記マルチバイブレータを電氣的に接続してある。前記波形成型回路は、マルチバイブレータが1MHzの周波数の矩形波を発生したとき、ロジックレベルが“1”の期間が35ns(ナノ秒)であるパルス電圧を、繰り返し周波数1MHzで発生させ、このパルス電圧を出力端子P2に出力する。

[0032] これにより前記アモルファスワイヤ11にパルス電流が35ns間通電される。この結果、前記検出コイル12には、磁気検出部1が置かれている外部磁場に対応した減衰振動電圧が誘起される。

[0033] サンプルホールド回路3は、電子スイッチS31、コンデンサC32、抵抗R32、抵抗R33及び高入力抵抗増幅器A31からなるサンプルホールド部B31と、前記電子スイッチS31の制御端子に接続された抵抗R31及びコンデンサC31による遅延回路とからなる。

[0034] この遅延回路の他方の端子は、前記パルス発生器の出力端子P2に接続されている。遅延回路は、この出力端子P2からパルスが出力されると、抵抗R31およびコンデンサC31によって決まる所定の時間分、遅延して前記電子スイッチS31の制御端子のロジックレベルを“1”とする。

[0035] これにより電子スイッチS31は“閉”の状態になり前記検出コイル12の誘起電圧がコンデンサC32に印加される。次に、前記出力端子P2のパルスが立ち下がると前記ア

モルファスワイヤ11へ流れている電流が遮断されるとともに、電子スイッチS31は、前記抵抗R31およびコンデンサC31によって決まる所定の時間 Δt 遅れて“開”となる。

[0036] この遅延時間 Δt は、図13A及び図13Bに示すように、前記アモルファスワイヤ11の電流を遮断(時刻 t_1)してから前記検出コイル12に前記減衰振動電圧Q2の最大電圧 p_2 が現れる(時刻 t_2)までの時間に合わせてある。そのため、前記電子スイッチS31は、この最大電圧 p_2 が現れるタイミングに略一致して“開”となる。一方、コンデンサC32には、電子スイッチS31が“開”となる直前の検出コイルの電圧が保持される。

[0037] 高入力抵抗増幅器A31は、前記検出コイルの電圧を直流電圧に変換することにより、外部磁界の大きさに対応する電圧を出力端子P4に出力し、1MHzで繰り返される次のパルスにより新たに更新されるまでその電圧を出力し続ける。

[0038] 図2には、磁気検出部に印加される磁界を $\pm 3G$ の範囲で変化させたときの結果を示す。同図には、パルス電流を遮断したときに検出コイル12に誘起する減衰振動電圧の最大値である p_2 の電圧を、サンプルホールド回路で直流変換して得た結果を示してある。図2から知られるように、非直線性及びヒステリシスはいずれも2%以下となり、方位計測するに当たって実用的な精度が達成されている。

[0039] さらに、本例の磁気センサの回路では、負帰還回路を用いる必要がない。それ故、負帰還回路への負帰還電流を常時流す必要性を解消できるため、低消費電力化を図ることができる。

[0040] 以上のように、本例の磁気センサによれば、以下のような作用効果を得ることができる。

(1) 非直線性及びヒステリシスを改善することができる。

(2) 負帰還回路を用いる必要がないため、負帰還コイルの省略による電子部品点数を少なくでき、また負帰還電流が不要となって低消費電力化を図ることができる。

(3) 高精度化を達成することができる。

[0041] (実施例2)

本発明の実施例2を図3～図5、図13A及び図13Bを用いて説明する。

図3は、本例の磁気センサの回路図である。図3の回路図は、前記の実施例1を示

す図1の回路図に対して、前記アモルファスワイヤ11へパルス電流を供給するための駆動回路4を新たに追加したものである。図3における他の回路は図1と同じ回路である。そこで、駆動回路4について説明する。

- [0042] 駆動回路4は、電圧Vdd(図示を省略した安定化電源回路に接続)に充電されたコンデンサC41、電子スイッチS41、抵抗R41及びコンデンサC42による遅延回路からなる。この駆動回路4は、電子スイッチS41が“閉”のとき、前記コンデンサC41から前記磁気検出部1の抵抗R11及びアモルファスワイヤ11に向けて電流を供給する。
- [0043] 前記パルス発生器2の出力端子P2から時間幅35nsのパルス電圧が出力されると、抵抗R41とコンデンサC42とからなる遅延回路により所定の時間遅れて電子スイッチS41の制御端子がロジックレベルの“0”の状態から“1”の状態になる。その後、35ns経過した後には前記パルス電圧の立ち下がりと共に再び“0”の状態になる。
- [0044] 電子スイッチS41の制御端子が“1”のときは該電子スイッチS41の抵抗が減少して“閉”の状態になるため、電源電圧Vddに充電されていた前記コンデンサC41から電子スイッチS41を通して前記磁気検出部1の抵抗R11及びアモルファスワイヤ11に急激に電流が流れる。ここで、前記コンデンサC41の容量と前記アモルファスワイヤ11及び抵抗R11がなす時定数をパルス幅時間35nsよりも十分に大きく設定することによって一定の電流値を保持するパルス電流を得ることができる。
- [0045] また、前記電子スイッチS41の制御端子がロジックレベル“0”となると、前記電子スイッチS41の抵抗が増加して“開”の状態になって前記アモルファスワイヤ11の電流が急激に遮断されて“0”となる。
- [0046] なお、抵抗R41とコンデンサC42からなる前記遅延回路は、アモルファスワイヤ11の通電電流の遮断に対する電子スイッチS31の動作タイミングを調整するためのものである。本例では、前記検出コイル12に誘起する減衰振動電圧が最大値となるタイミングで前記サンプルホールド回路の電子スイッチS31が“開”となるように、前記遅延回路の遅延時間を設定してある。
- [0047] この電子スイッチS41による“閉”及び“開”の作動は、CMOSインバータ素子による作動よりも速く、また該電子スイッチS41は大電流を流すことができる。そのため、前記アモルファスワイヤ11のパルス電流の立ち上がり及び立ち下りの時間に対する電

流変化率を大きくすることができる。

[0048] 図4Aは、アモルファスワイヤ11にパルス電流(35ns)を流したとき、アモルファスワイヤ11の電流の挙動を示し、図4Bは検出コイルの電圧の挙動を示す。

同図から知られるように、アモルファスワイヤ11のパルス電流が遮断されときの電流変化率である勾配k2は、図13Aに示すCMOSインバータ素子によって駆動される勾配k1よりも倍増している。これにより、前記検出コイル12に誘起する減衰振動電圧の最大値p3の大きさも図13Bのp2に対して約2倍に増加している。

[0049] 図5は、磁気検出部1に作用する外部磁界を±3Gの範囲内で変化したときの前記検出コイルに誘起する減衰振動電圧の最大値p3を示している。同図から知られるように、この感度、すなわち、単位磁界強度当たりの出力電圧が0.037V/Gとなり、図2に示す実施例1の感度0.015V/Gに比べて約2.5倍に増加している。

[0050] 以上のように本例では、前記アモルファスワイヤ11へパルス電流を供給するために駆動回路4を加えている。該駆動回路4では、その電子スイッチを利用して、充電されたコンデンサから感磁体に供給する電流の通電及び遮断を行っている。これにより、アモルファスワイヤに通電するパルス電流について、時間変化率を大きくことができ、磁気センサの感度をさらに高めることができる。

なお、その他の構成及び作用効果については実施例1と同様である。

[0051] (実施例3)

本例は、実施例1を基にして、前記遅延回路の遅延時間を変更した例である。この内容について、図1、図6A及び図6Bを用いて説明する。

図6Aは、アモルファスワイヤ11に供給するパルス電流の遮断時の電流変化を示している。図6Bは、磁気検出部(図1における符号1。)の前記検出コイルに誘起される電圧の変化を示している。

[0052] 図6Bにおける符号V0で示す電圧変化は、前記磁気検出部に作用する外部磁界が略ゼロであるときのものである。同図中、符号V1で示す電圧変化は、前記磁気検出部のアモルファスワイヤの軸方向に沿って作用する外部磁界の磁界強度が1ガウスであるときのものである。さらに、同図中、符号V2で示す電圧変化は、前記磁気検出部のアモルファスワイヤの軸方向に沿って作用する外部磁界の磁界強度が2ガウス

スであるときのものである。

[0053] ここで、作用する外部磁界が略ゼロのときには、検出コイルに誘起される電圧がゼロ一定であるのが理想的である。しかし、実際には、図6B中、符号V0で示すごとく、アモルファスワイヤと検出コイルとの間の電磁誘導等により、検出コイルに小さな振幅の減衰振動電圧が発生する。そして、アモルファスワイヤと検出コイルとの間の電磁誘導等によって検出コイルに誘起される前記減衰振動電圧V0は、外部磁界を計測する際の減衰振動電圧V1あるいはV2に重畳されるおそれが高い。すなわち、アモルファスワイヤと検出コイルとの間の電磁誘導等に起因して発生する電圧は、前記磁気センサの計測誤差の一因となるおそれが高い。

[0054] そこで、本例では、実施例1の遅延回路の遅延時間を、図1及び図6Bに示すように、前記アモルファスワイヤ11の電流を遮断してから、前記検出コイル12に前記減衰振動電圧V0の最初のゼロクロスz1が現れるまでの時間に設定してある。そのため、前記電子スイッチS31は、この最初のゼロクロスz1が現れるタイミングに“開”となる。一方、コンデンサC32には、電子スイッチS31が“開”となる直前の検出コイルの電圧が保持される。

そして、高入力抵抗増幅器が、前記検出コイルの電圧を直流電圧に変換することにより、外部磁界の大きさに対応する電圧を出力端子P4に出力する。

[0055] 以上のように、本例では、遅延回路の遅延時間を、略ゼロの外部磁界下における検出コイルの減衰振動電圧のゼロクロスz1(図6B参照。)が現れるタイミングに合わせてある。そのため、本例の磁気センサによる外部磁界の計測では、アモルファスワイヤと検出コイルとの間に生じる電磁誘導等による誤差を抑制することができる。さらに、前記遅延時間は、時間的に最初のゼロクロスz1のものである。そのため、この遅延時間を設定すれば、図6Bに示すごとく、最大電圧p4に近い大きさの電圧p5を前記検出コイルの電圧として計測可能である。

[0056] 本例の磁気センサによれば、アモルファスワイヤと検出コイルとの間の電磁誘導等による誤差を抑制して、精度の高い計測が可能である。

なお、その他の構成及び作用効果については実施例1と同様である。

[0057] (実施例4)

本例は、実施例2を基にして駆動回路の構成を変更した例である。この内容について、図7及び図8を用いて説明する。

本例の駆動回路4は、図7に示すごとく、実施例2の駆動回路を基にしてコンデンサC41と電子スイッチS41との間にインダクタンスL41を接続したものである。この駆動回路4によれば、電子スイッチS41が”閉”となるときの、インダクタンスL41と抵抗R11とで決定される時定数による1次遅れ特性による鋸歯状波電流を発生させることができる。なお、本例の駆動回路4では、インダクタンスL41と並列してダイオードD41を接続してある。このダイオードD41は、電子スイッチS41が”開”となるときのサージ電圧を吸収する。

[0058] この駆動回路4によれば、図8に示すごとく、電子スイッチS41が”閉”となるときの、すなわち、アモルファスワイヤへの通電電流の立ち上がりでは、前記のごとく立ち上がりの緩やかな鋸歯状波電流を発生させることができる。一方、電子スイッチS41が”開”となるときの、すなわち、アモルファスワイヤへの通電電流の遮断では、前記の立ち上がりに比べて急激に通電電流を立ち下げることができる。そして、本例では、鋸歯状波電流に近いパルス電流をアモルファスワイヤに供給する。

[0059] 本例では、立ち上がり時間 T_u を20nsとし、遮断時間 T_d を3nsとしてある。すなわち、本例の立ち上がり時間 T_u は、遮断時間 T_d の約7倍である。そして、立ち上がりから遮断するまでの通電時間 T_w を約25nsとしてある。なお、立ち上がり時間 T_u とは、前記通電電流が定常値の10%から90%に立ち上がるのに要する時間をいい、遮断時間 T_d とは、前記通電電流が定常値の90%から10%に立ち下がるのに要する時間をいう。

[0060] ここで、本例では、前記通電時間 T_w は、次の要件が満たされるように決定してある。すなわち、この要件とは、通電電流の立ち上げに伴って検出コイルに誘起される減衰振動電圧の大きさが、前記通電電流を遮断する際、後述の最小電圧値の5%以下の電圧範囲に収束しているというものである。ここで、最小電圧値とは、前記磁気センサで検出する最小磁界強度の外部磁界が前記感磁体に作用したときに前記サンプルホールド回路が計測する前記誘起電圧値の大きさである。

[0061] 以上のように本例の駆動装置4によれば、アモルファスワイヤにパルス状の通電電

流を供給する際、電流を緩やかに立ち上げる。これにより、完全に近いパルス電流を供給する場合(点線d1)と比べて、電力消費を抑制でき省エネルギー効果を得ることができる。さらに、アモルファスワイヤへの通電電流の立ち上がり時における電流変化率を小さく(緩やかに立ち上げる)すれば、検出コイルに発生する振動電圧の振幅を抑制することができる。そして、検出コイルの振動電圧の振幅が小さい状態でアモルファスワイヤへの通電電流を遮断すれば、外部磁界に応じて発生した電圧を精度高く計測できる。このことを言い換えれば、通電電流の立ち上がりによる振動電圧が早期に収束するため、その後、速やかに通電電流を遮断して外部磁界の計測が可能となる。それ故、通電時間を少なくして、省電力効果を得ることができる。

[0062] なお、本例では、鋸歯状波電流を用いたが、これに代えて、遮断時間に比べて立ち上がり時間が長い不完全なパルス状電流を適用することもできる。この不完全なパルス状電流は、本例の駆動回路4の上記時定数を調整することで実現可能である。例えば、立ち上がり時間を、遮断時間の3倍以上30倍以内に設定すれば、本例の作用効果を得ることができる。

[0063] (実施例5)

本発明において磁気検出部を構成するパルス電流を通電するアモルファスワイヤからなる感磁体と該感磁体の周囲に巻回した検出コイルからなる磁気インピーダンス素子の実施の形態について、図9～図12を用いて説明する。

図9及び10において、電極配線基板10上に磁界を検出する感磁体20と、感磁体20と検出コイル30との間には絶縁物40のみを介設してある。本例では、絶縁物40の外周に、捲線内径200 μ m以下の検出コイル30を配置してある。感磁体20及び検出コイル30の端子は、電極配線基板10上のそれぞれの電極51、52に接続してある。そして、前記磁気インピーダンス素子は、電極51、52を介して、感磁体20にパルス電流を流し、その時に検出コイル30に発生する電圧を出力する。

[0064] 該磁気インピーダンス素子は、感磁体20の周囲に絶縁物40のみを介して検出コイル30を設置するため、その捲線内径を200 μ m以下と小さくすることができる。なお、捲線内径とは、図10に示す高さで形成される溝断面積と同一面積となる円の直径に相当する円相当内径をいう。捲線内径が大きいと感磁体と検出コイルとの間隙

が拡大して高感度化が得られないこと及び、磁気インピーダンス素子の小型化の要求を鑑みて、本例では捲線内径を $200\mu\text{m}$ 以下としてある。

- [0065] また、感磁体20は、直径 $10\sim 30\mu\text{m}$ の導電性を有するCoFeSiB系合金の磁性アモルファスワイヤである。磁性アモルファスワイヤの線径は、製造上の観点から $10\sim 30\mu\text{m}$ とするのが良い。前記電極配線基板10は、深さ $40\sim 200\mu\text{m}$ の溝90を有する。前記検出コイル30は、検出コイルの片側31(コイル部31)が前記溝面91に沿って配置され、検出コイルの片側32(コイル部32)が前記溝の上面92に配置されて、コイル部31とコイル部32とからなる二層構造を有するものである。
- [0066] 本例の電極配線基板10の大きさは、幅 0.5mm 、高さ 0.5mm 、長さ 1.5mm である。感磁体は、CoFeSiB系合金を使った直径 $20\mu\text{m}$ のアモルファスワイヤ20である。電極配線基板10上の溝90は深さ $50\mu\text{m}$ で幅 $70\mu\text{m}$ 、長さ 1.5mm である。検出コイル30は、溝面91に形成されたコイル部31と、溝上面92に形成されたコイル部32とからなる二層構造により形成されている。
- [0067] 前記溝面91に形成されるコイル部31は、図11に示されるように、溝90の溝面91の全面及び電極配線基板11の上面における前記溝90の近接部に蒸着形成した導電性の金属薄膜を選択的に除去してなる。具体的には、コイル部31は、選択エッチング手法を利用し、前記金属薄膜が螺旋状に残るように、螺旋状の金属薄膜の隙間に間隙部を設けたものである。
- [0068] すなわち、前記溝90の溝側面911においては、上下方向に垂直な短冊状のコイル部片311を溝方向に複数形成する。また、前記溝90の溝底面912においては、幅方向に対して傾斜する短冊状のコイル部片312を溝方向に複数形成する。ここで、コイル部片312は、第1のコイル部片311に対して溝方向に隣り合う第2のコイル部片311に対面する第3のコイル部片311と、前記第1のコイル部片311とを接続するように形成してある。これにより、コイル部片311とコイル部片312とを組み合わせたコイル部311は、全体として螺旋状をなす。
- [0069] 次に、溝上面92のコイル部32(絶縁性を有する樹脂40の上面41に形成されたコイル部32)は、前記電極配線基板10の長手方向において前記溝上面92を含む広い範囲にわたって蒸着形成した導電性の金属薄膜よりなる。本例では、この金属薄

膜に対して、選択エッチング手法を適用して前記コイル部32を形成した。具体的には、選択エッチング手法により金属薄膜の一部を除去することにより、前記溝90の幅方向に沿う短冊状の金属薄膜を複数設けた。本例では、相互に対面する前記コイル部片311を接続するようにコイル部32を形成した。なお、前記コイル部32の上面は必要に応じて保護膜を形成してもよい。

[0070] 本例の検出コイル30の捲線内径は、円相当内径にて $66\mu\text{m}$ である。検出コイルの捲線間隔は $50\mu\text{m}$ にて、20ターンである。

[0071] アモルファスワイヤ20と検出コイル30との間には、絶縁性を有する樹脂40が充填され、導電性磁性アモルファスワイヤ20と検出コイル30との間の電氣的な絶縁を保っている。電極配線基板10の上面には、感磁体20の両端から延設された端子51と、検出コイル30の両端から延設された端子52の計4個を焼付けてある。ちなみに本例の磁気インピーダンス素子の大きさは、電極配線基板の大きさとほぼ同一である。

[0072] 実施例2の回路図(図3参照。)を利用して、前記磁気インピーダンス素子を評価した。その結果を図12に示す。同図から知られるように、実施例2で得られた感度(第5図参照。)よりも優れた 0.076V/G という高感度が得られている。

[0073] 前記磁気インピーダンス素子におけるアモルファスワイヤと検出コイルとの平均間隔 $23\mu\text{m}$ に対して、実施例2において用いた磁気インピーダンス素子における間隔は従来技術の磁気インピーダンス素子で約 1mm である。図15にその一例を示す。基板110は幅 1.0mm 、高さ 0.5mm 、長さ 2.5mm である。基板110上には、直径 $30\mu\text{m}$ のCoFeSiB系合金からなるアモルファスワイヤ120を載せてゲル状の樹脂で保護し、検出コイル130を捲回する。絶縁性を有する捲き枠160及び電極150とからなる。従って、前記の高感度化(0.076V/G)は、感磁体のアモルファスワイヤと出力を検出する検出コイルとの間隔を小さくしたことによるものと考えられる。

また、小型化した磁気インピーダンス素子により磁気センサの小型化・薄型化が達成できる。

請求の範囲

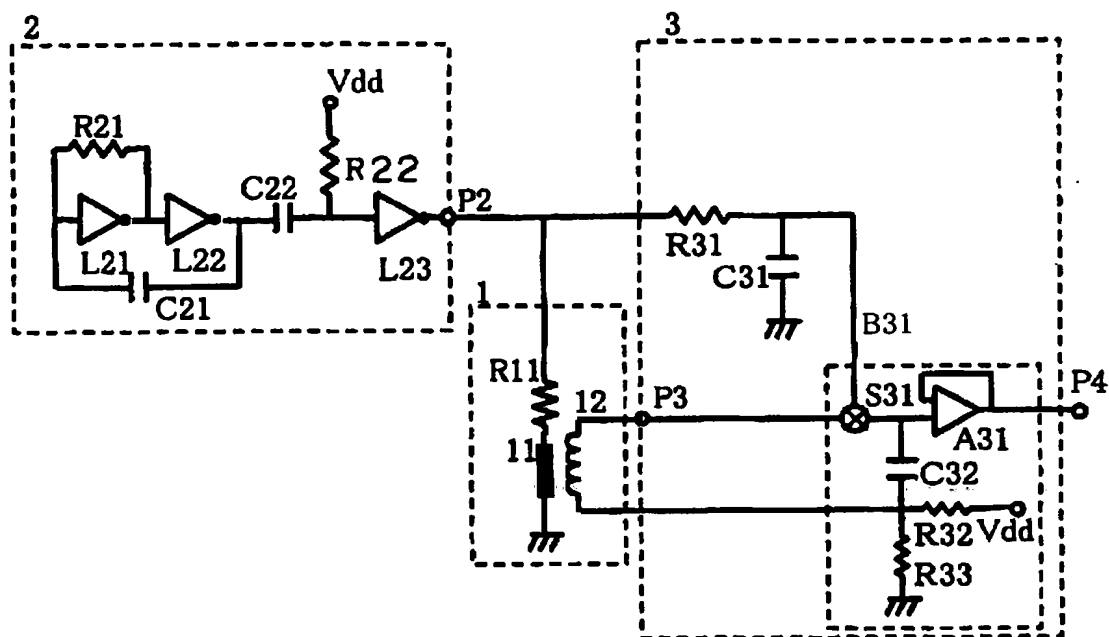
- [1] 外部磁界の作用により電磁気特性が変化する感磁体と、該感磁体に通電電流を供給する駆動回路と、前記感磁体の周囲に巻回した検出コイルと、前記検出コイルに誘起する電圧の大きさである誘起電圧値を計測するサンプルホールド回路とを有してなり、
- 該サンプルホールド回路は、前記駆動回路による前記通電電流の遮断に同期して前記誘起電圧値を計測するように構成してあることを特徴とする磁気センサ。
- [2] 請求項1に記載の磁気センサにおいて、
- 前記サンプルホールド回路は、前記通電電流の遮断による前記誘起電圧値の時間的变化である減衰振動波形において、時間的に最初のピーク値を計測するように構成してあることを特徴とする磁気センサ。
- [3] 請求項1に記載の磁気センサにおいて、
- 前記サンプルホールド回路は、前記駆動回路による前記通電電流の遮断に対する所定のタイミングを記憶する時間記憶手段を有し、前記通電電流の遮断に対して前記所定のタイミングで同期して前記誘起電圧値を計測するように構成してあり、
- 前記所定のタイミングは、略ゼロの磁界強度の外部磁界中に保持した前記感磁体への前記通電電流を遮断する際、減衰振動する前記誘起電圧値が時間的に最初にゼロクロスするタイミングであることを特徴とする磁気センサ。
- [4] 請求項1〜3のいずれか1項に記載の磁気センサにおいて、
- 前記駆動回路は、前記磁気センサで検出する最小磁界強度の外部磁界が前記感磁体に作用したときに前記サンプルホールド回路が計測する前記誘起電圧値である最小電圧値を記憶する電圧記憶手段を有し、かつ、前記誘起電圧値が前記最小電圧値の5%以下の電圧範囲に収束した状態で前記通電電流を遮断するように構成してあることを特徴とする磁気センサ。
- [5] 請求項1〜4のいずれか1項に記載の磁気センサにおいて、
- 前記駆動回路は、前記通電電流としてパルス状の電流変化を前記感磁体に作用するように構成してあると共に、前記通電電流の大きさを所定電流値に高めるまでに要する立ち上がり時間が、該所定電流値の前記通電電流を遮断する遮断時間の3

倍以上30倍以内となるように構成してあることを特徴とする磁気センサ。

- [6] 請求項1〜5のいずれか1項に記載の磁気センサにおいて、
前記駆動回路は、前記通電電流の供給源である電気エネルギーを蓄えるコンデンサと、該コンデンサと前記感磁体との間の電気的な経路に配置した電子スイッチとを含み、かつ、
前記コンデンサから前記感磁体に向けて供給する前記通電電流を、前記電子スイッチを用いて遮断するように構成してあることを特徴とする磁気センサ。
- [7] 請求項1〜6のいずれか1項に記載の磁気センサにおいて、
該磁気センサは、一方向に延在する溝を形成した電極配線基板を有し、該溝が、電気的な絶縁性を備えた絶縁体を充填されるように構成されており、
前記感磁体は、前記溝の溝方向に沿って前記絶縁体を貫通するように配置したアモルファスワイヤであり、
前記検出コイルは、前記溝の内周面である溝面に配設した一方のコイル部と、前記溝の上面に当たる前記絶縁体の外表面である溝上面に配設した他方のコイル部とを組み合わせ螺旋状の電気的な経路を形成したものであることを特徴とする磁気センサ。
- [8] 請求項7に記載の磁気センサにおいて、
前記感磁体は、直径 $1\mu\text{m}$ 以上 $30\mu\text{m}$ 以下のアモルファスワイヤであり、
前記検出コイルは、捲線内径 $200\mu\text{m}$ 以下のものであることを特徴とする磁気センサ。

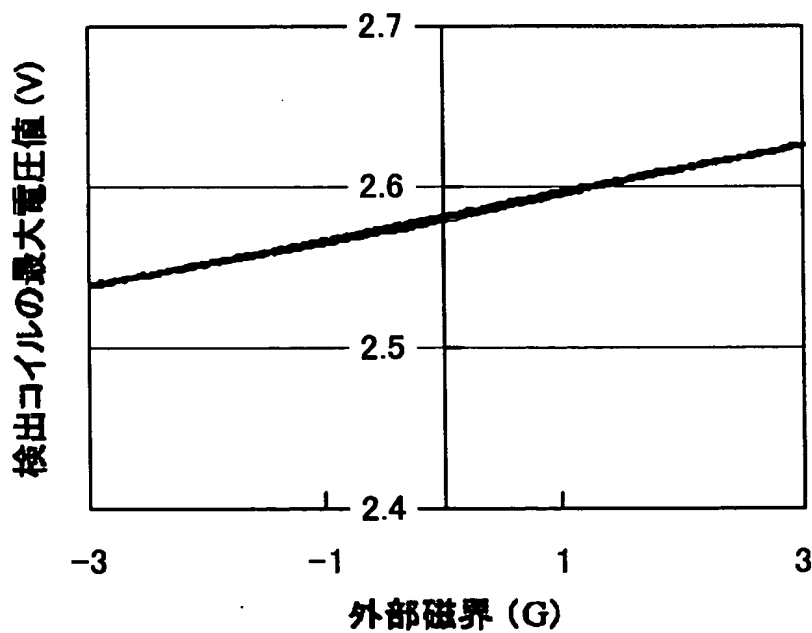
[図1]

(図 1)



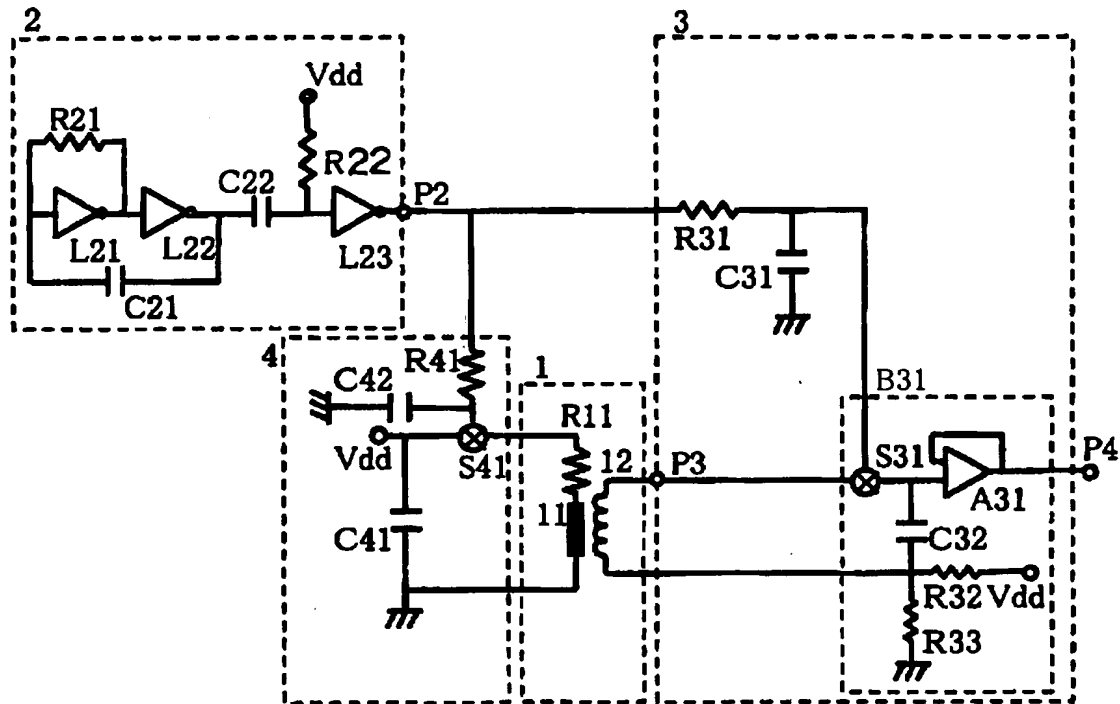
[図2]

(図 2)



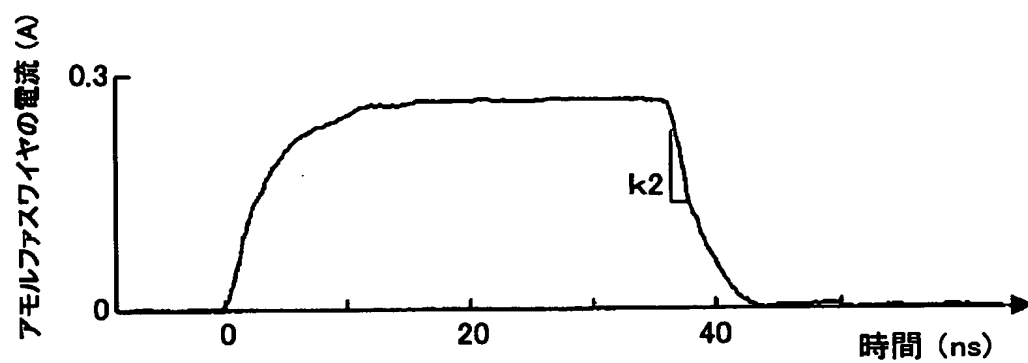
[図3]

(図3)



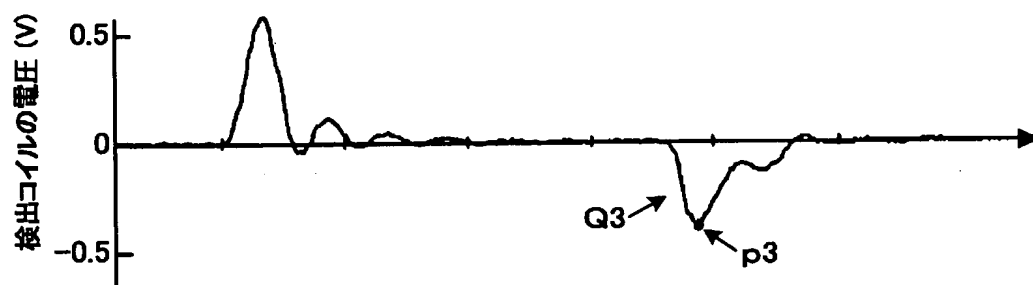
[図4A]

(図 4 A)



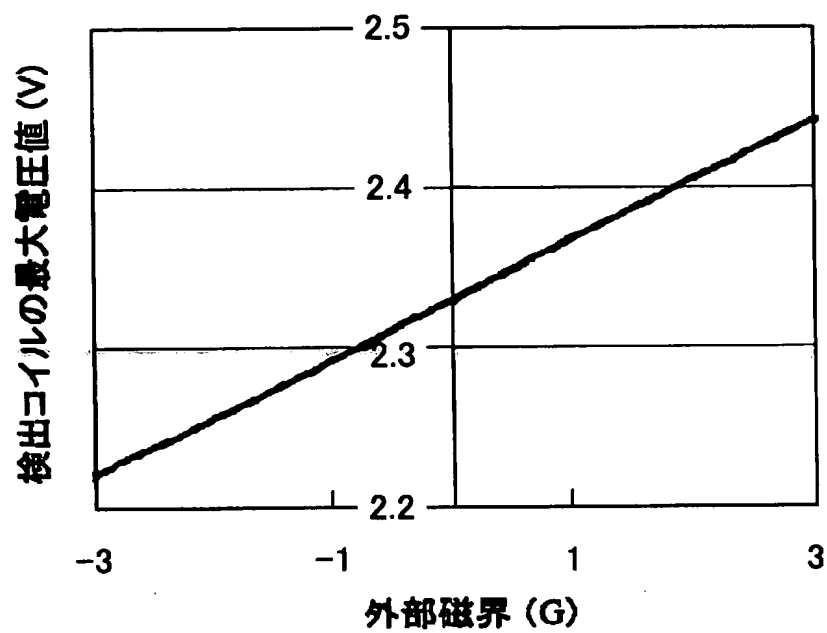
[図4B]

(図 4 B)



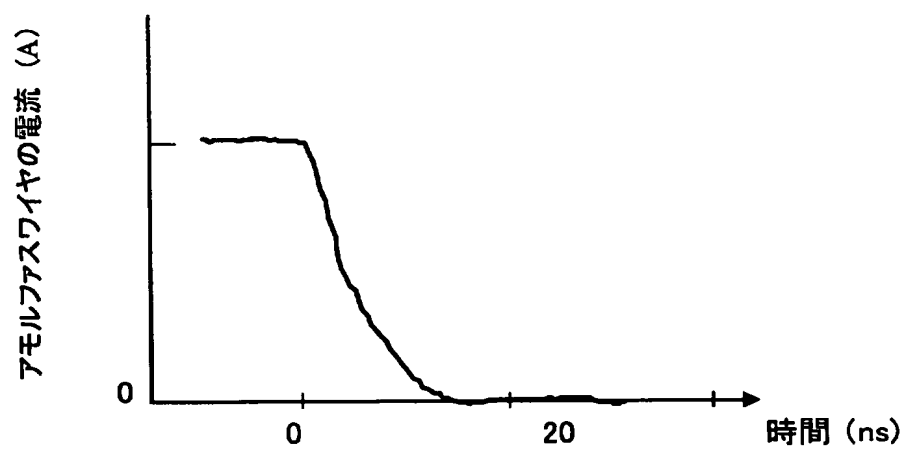
[図5]

(図 5)



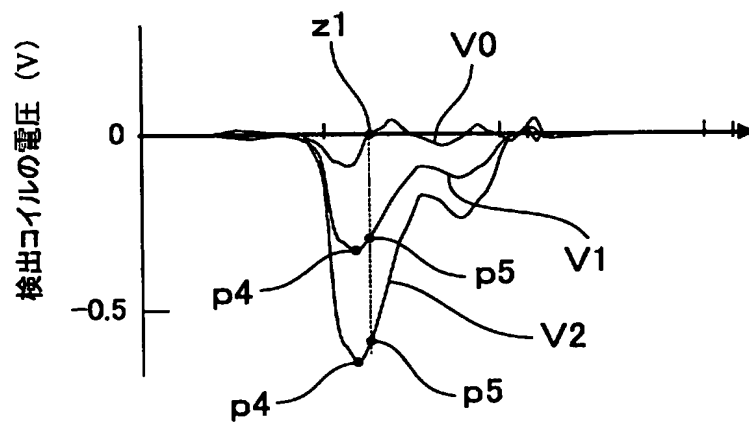
[図6A]

(図 6 A)



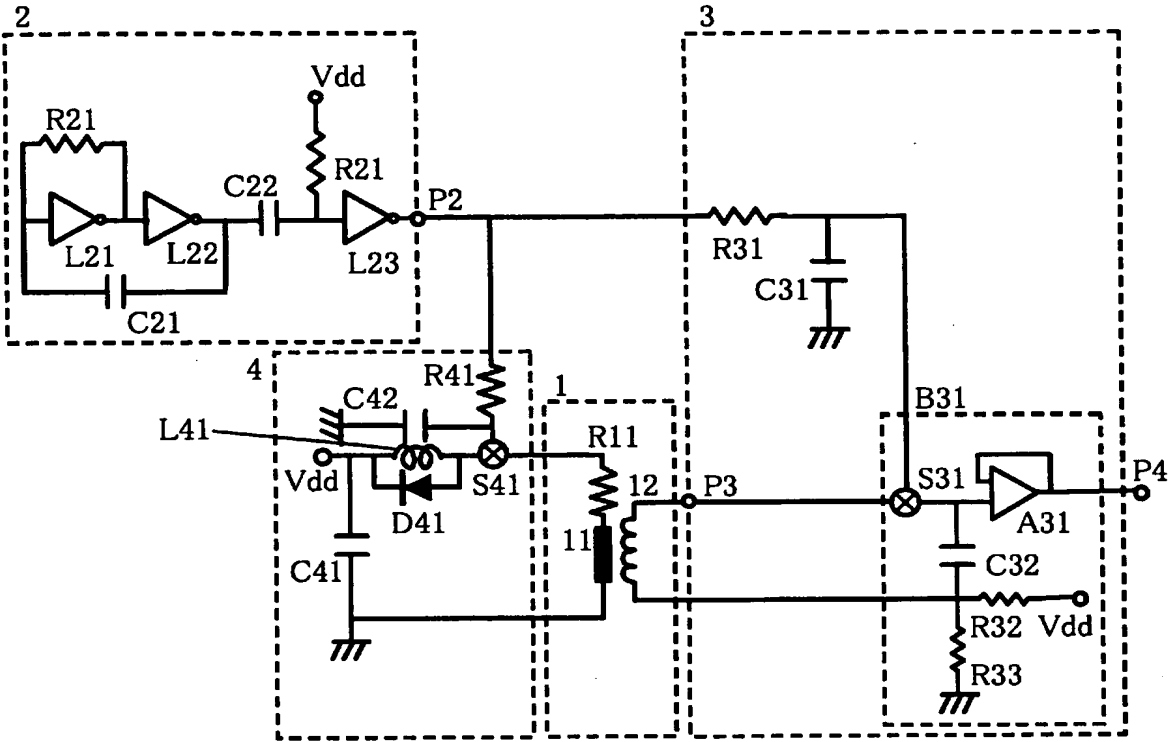
[図6B]

(図 6 B)



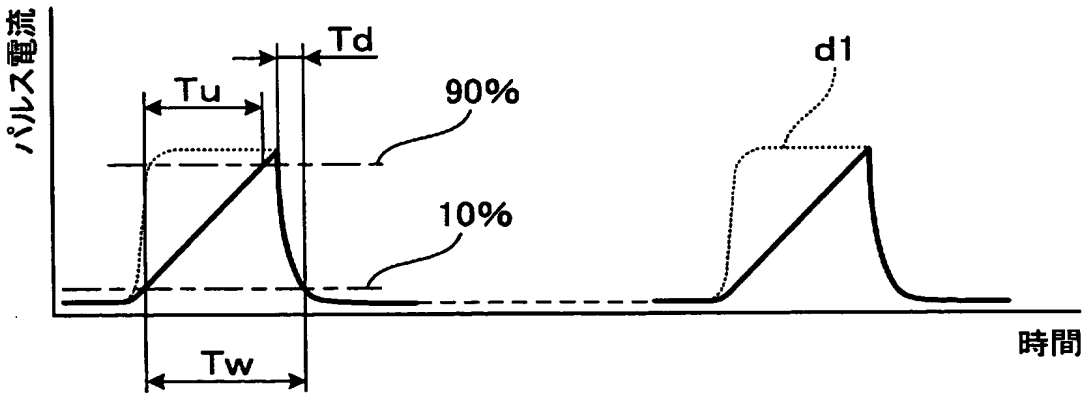
[図7]

(図 7)



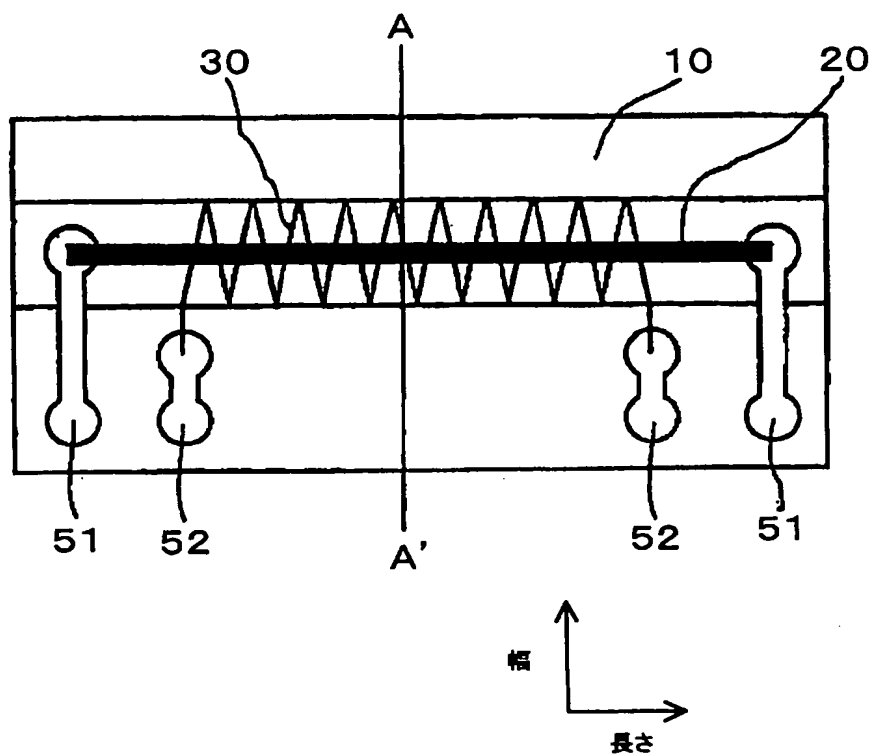
[図8]

(図 8)



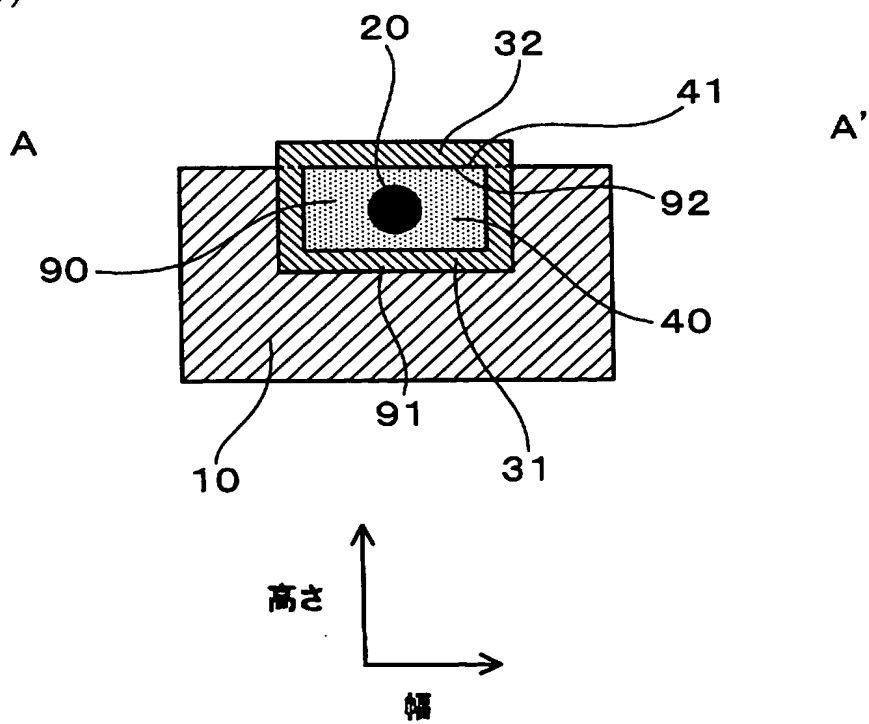
[図9]

(図9)



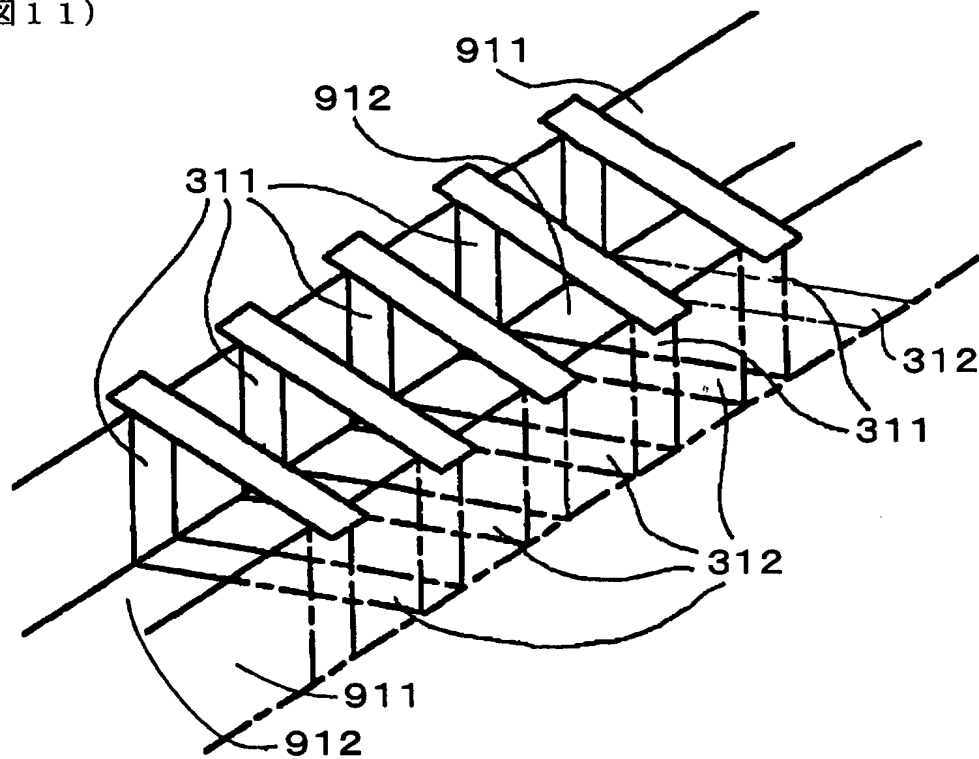
[図10]

(図10)



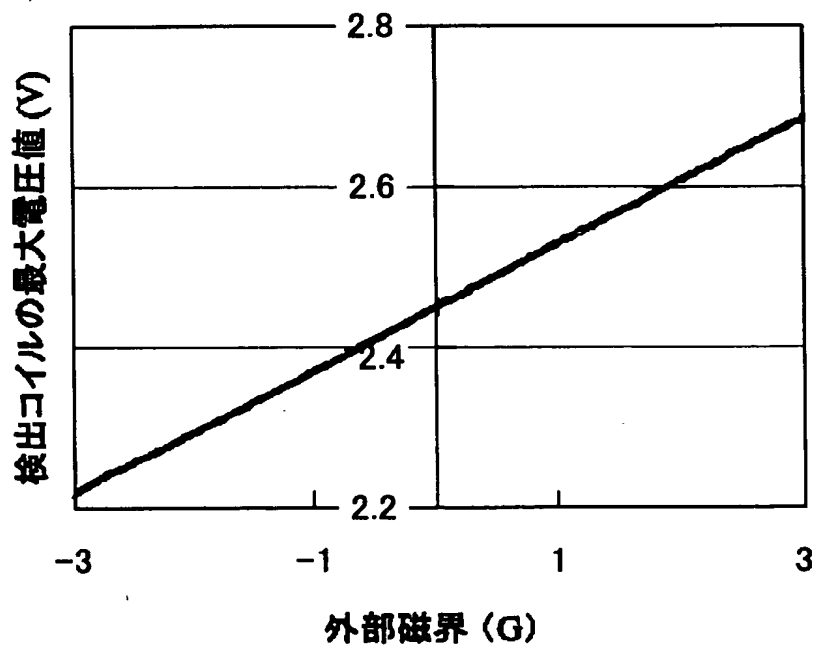
[図11]

(図 1 1)



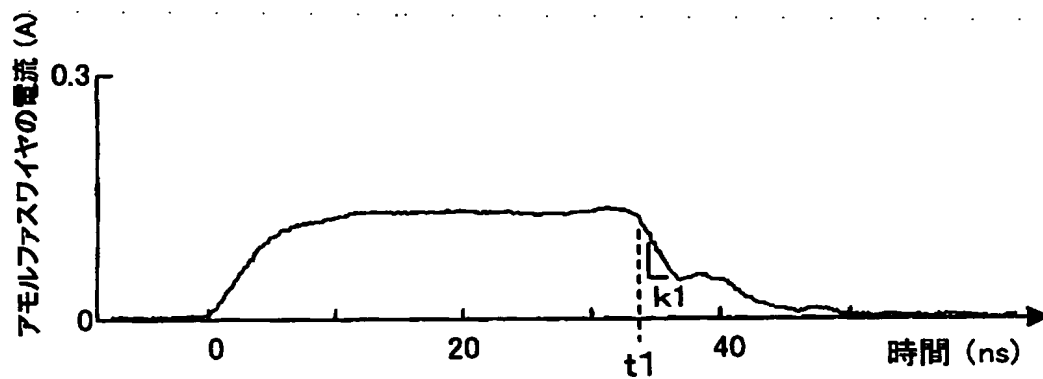
[図12]

(図 1 2)



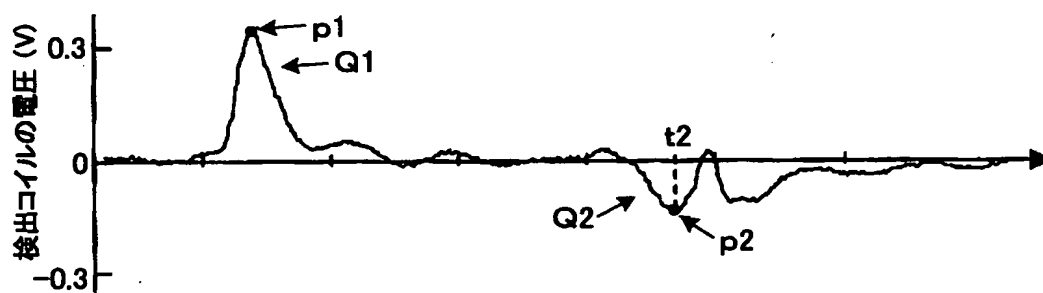
[図13A]

(図 1 3 A)



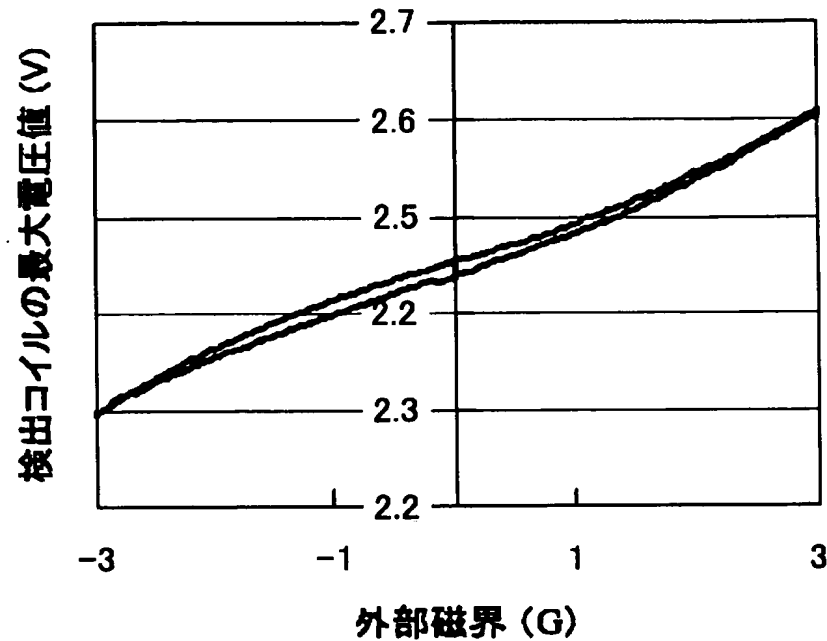
[図13B]

(図 1 3 B)



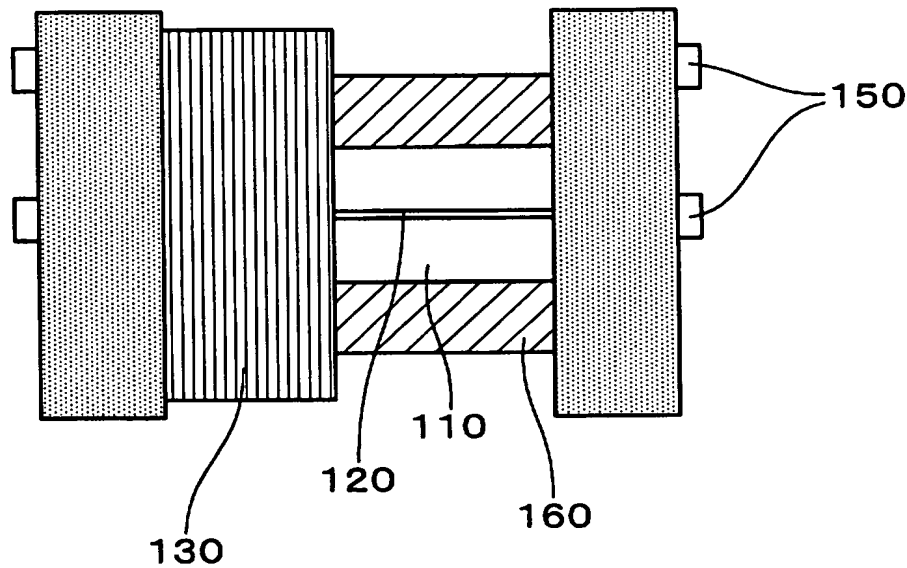
[図14]

(図 1 4)



[図15]

(図 1 5)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/011849

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G01R33/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ G01R33/02-10Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-121517 A (Aich Micro Intelligent Kabushiki Kaisha), 23 April, 2003 (23.04.03), Par. Nos. [0019] to [0042]; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1-8
A	JP 2001-133529 A (Aichi Steel Works Ltd.), 18 May, 2001 (18.05.01), Par. Nos. [0096] to [0101]; Figs. 1 to 2 (Family: none)	7, 8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
15 October, 2004 (15.10.04)Date of mailing of the international search report
02 November, 2004 (02.11.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01R 33/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01R 33/02-10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2003-121517 A (アイチ・マイクロ・インテリジェント株式会社) 2003.04.23, [0019]-[0042], 図1-3 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2001-133529 A (愛知製鋼株式会社) 2001.05.18, [0096]-[0101], 図1-2 (ファミリーなし)	7,8

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

15.10.2004

国際調査報告の発送日

02.11.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

堀 圭 史

2S

3005

電話番号 03-3581-1101 内線 3258